

УДК 543.3

МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ СТОЛОВЫХ И ПИТЬЕВЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД: ВЗАИМОСВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ МИКРО-(F⁻, NO₃⁻) И МАКРОКОМПОНЕНТОВ (HCO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺)

Е.В. Шляпунова¹, Г.М. Сергеев¹, М.С. Пискунова²

¹Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Химический факультет
603950, ГСП-20, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.

²Нижегородская государственная медицинская академия. Кафедра общей химии.
603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1.

Shlena@bk.ru

Поступила в редакцию 13 февраля 2008 г.

С использованием методов ионной хроматографии, проточно-инжекционного анализа и комплексонометрии выполнен мониторинг (2005-2007 гг.) некоторых природных питьевых вод различных месторождений (18) Европейской части России и Кавказского региона на содержание контролируемых ионов (F⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ и Mg²⁺). Отклонения от средних значений нормируемых параметров вод составляют от 5 до 25 %. Изучена взаимосвязь между гидрогеохимическими характеристиками водоносной среды и химическим составом вод, содержащих указанные макро- и микрокомпоненты. Показана возможность научного прогнозирования концентрации последних. Для исследованных образцов вод отмечено отсутствие нарушений нормативных документов, регламентирующих содержание токсичных фторид- и нитрат-ионов. Вместе с тем, эти анионы могут являться природными маркерами соответствия торговой марки бутилированных питьевых вод заявленному типу и образцу.

Ключевые слова: мониторинг, природные столовые и питьевые минеральные воды, содержание ионов: F⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺.

Шляпунова Елена Валерьевна – аспирант химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: ионная хроматография питьевых вод.

Автор 9 статей.

Сергеев Геннадий Михайлович – д.х.н., доцент, профессор кафедры аналитической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: вещественный анализ объектов окружающей среды и современных технологий; ионная хроматография, проточно-инжекционный анализ.

Автор около 150 публикаций.

Пискунова Марина Сергеевна – к.х.н., доцент кафедры общей химии Нижегородской государственной медицинской академии.

Область научных интересов: высокоэффективная жидкостная хроматография природных объектов, проточно-инжекционный анализ.

Автор около 40 публикаций.

ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В России используют более 300 наименований различных по составу и лечебным свойствам бутилированных минеральных вод. Однако их качество не всегда удовлетворяет требованиям соответствующих нормативных документов; появились так называемые искусственные минеральные воды (типа "Нарзан", "Боржоми" и т.д.).

Согласно ГОСТ 13273-88 [1] к минеральным питьевым (лечебным и лечебно-столовым) водам относят воды с минерализацией не менее 1 г/дм³ или, при меньшей минерализации, содержащие биологически активные микрокомпоненты в количестве не ниже бальнеологических норм. Природные столовые питьевые воды (ТУ 9185-...) – это подземные воды различного химического состава, имеющие минерализацию не более 1 г/дм³, в которых концентрация специфических элементов не достигает указанных [2] величин. Таким образом, к собственно минеральным питьевым водам относят только лечебно-столовые и лечебные воды. Гигиенические требования к качеству питьевой воды, расфасованной в емкости (бутилированной воды), в России установлены СанПиН 2.1.4.1116-02 [3]. Эти требования не распространяются на минеральные воды.

В перечень показателей качества питьевых вод [1-3] входят такие важные макрокомпоненты как HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , а также F^- , NO_3^- , низкие концентрации которых проявляют токсическое действие. Для минеральных вод величины ПДК этих анионов составляют соответственно 10 (лечебно-столовые воды), 15 (лечебные воды) и 50 мг/дм³. Содержание указанных ионов регламентируется и в бутилированных питьевых (столовых) водах: 1,2 – 1,5 для фторида и 5-20 мг/дм³ (воды высшей и 1-й категории) – для нитрата.

Сложность анализа минеральных вод заключается в том, достоверность результатов зависит от химического состава (влияние матрицы на селективность и чувствительность определения), концентрации и состояния (лабильные или связанные формы) растворенных веществ. Важным является установление общих закономерностей распределения микрокомпонентов в зависимости от содержания "основных" ионов, а также динамики изменения концентраций токсичных примесей в подземных питьевых водах различных месторождений. Актуальность решения таких задач обусловлена, с одной стороны – экологическими проблемами водных ресурсов, с другой – вопросами "распознавания образа" торговых марок питьевых вод.

Химическими маркерами могут служить фторид- и нитрат-ионы. Фторид является универсальным лигандом и образует комплексные и малорастворимые соединения с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} . "Заданная" концентрация фторидов обусловлена наличием в системе "вода – порода" фторсодержащих минералов и временем существования водоносного слоя [4]. Нитрат-оны не образуют устойчивых комплексов, а большинство нитратных солей достаточно хорошо растворимы в воде. Присутствие нитратов связано с общей минерализацией подземного источника, а также с окислением катиона аммония микроорганизмами; кроме этого, не исключено влияние антропогенных факторов.

Ионная хроматография [5] предоставляет уникальную возможность получить достаточно точную информацию о содержании лабильных анионных либо катионных миграционных формах тех или иных элементов. Соответствующие корреляционные зависимости позволяют оценить заряд и молярную массу "свободных" гидратированных ионов.

Настоящая работа посвящена использованию метода ионной хроматографии (лабильные формы F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+}), наряду с проточно-инжекционным анализом (HCO_3^-) и комплексометрией (совокупность форм Ca^{2+} и Mg^{2+}), для мониторинга природных столовых и питьевых минеральных вод различных месторождений на протяжении 2005-2007 гг.

Кроме этого, ставилась задача нахождения общих закономерностей действия природорегулирующих факторов, "устанавливающих" форму и содержание токсичных фторид- и нитрат-ионов. В этой связи представляют интерес результаты анализа искусственно минерализованных вод.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Содержание лабильных, не связанных в комплексные частицы, F^- , NO_3^- , и SO_4^{2-} -ионов в природных питьевых водах контролировали с помощью хроматографа "Цвет-3006" методом двухколоночной ионной хроматографии (ИХ) с применением селективного анионита "ANIEKS-N", кондуктометрического детектирования и карбонатного элюента [6]. Для определения свободных ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} использовали одноколоночный вариант ИХ с тем же детектором, разделяющую катионитовую колонку (50×4 мм) фирмы "ЭЛСИКО", содержащую сорбент "Элсикат-2" зернением 8 мкм. Элюентом являлась смесь 2 мМ этилендиамина и 4 мМ лимонной кислоты. В случае низкоминерализованных вод (< 1 г/дм³) вместо петли-дозатора (50 мкл) применяли концентрирующую колонку (35×3 мм) с катионитом "ДИАПАК-сульфо" (60 мкм); объем пробы 500 мкл. С целью освобождения от органических составляющих вод для всех хроматографических систем использовали предколонку (50×6 мм) с сорбентом "SGX C 18". Перед анализом воду очищали от взвешенных частиц пропусканием через мембранный фильтр (0,45 мкм).

Суммарное содержание как лабильных, так и "связанных" (фторидных, карбонатных, сульфатных, гидроксо-) форм кальция (II) и магния (II) определяли методом комплексометрического титрования, согласно ГОСТ 23268.5-78.

Методика проточно-инжекционного кондуктометрического титрования карбонатной щелочности (HCO_3^-) природных питьевых вод приведена в работе [7]. Применяли обращенный вариант ПИА с использованием в качестве несущего потока анализируемой воды и инъекции в поток одинаковых аликвот стандартных растворов кислоты различной концентрации.

С целью проведения мониторинга на протяжении 2005-2007 гг. с периодичностью 4 месяца анализировали 8-10 образцов нескольких партий природной питьевой бутилированной воды одинаковой маркировки. Проверка по *F*-критерию Фишера и *t*-критерию Стьюдента [8] не выявила различий в содержании аналитов, которые могли быть обусловлены материалом тары или различными партиями торговой продукции.

Правильность используемых методик проверяли способом добавок. Систематическая погрешность была незначимой, поскольку разность результатов анализа пробы с добавкой и без неё входила в доверительный интервал этой разности. Суммарная относительная погрешность ионохроматографических определений для концентраций искомым компонентов на уровне (0,1-2) мг/дм³ составляла 15 - 20 %, при содержании большем 10 мг/дм³ – (5-10) %. Анализ проточно-инжекционным методом сопровождался погрешностью, не превышающей 10 %; комплексонометрическое титрование - 2 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью репрезентативности выборки объектами анализа являлись 8 природных столовых вод и 10 питьевых минеральных вод различных источников Европейской части России и Кавказского региона. Геохимические типы природных питьевых вод с указанием месторождений и товаропроизводителей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Геохимические типы природных столовых и питьевых минеральных вод – объектов анализа

Геохимический тип воды	Природные питьевые воды (номера скважин)	Месторождение	Вид природной питьевой воды
Гидрокарбонатные–Mg-Ca	"Ледяная жемчужина" ¹ (107; 5/0)	КВМ (г. Кисловодск)	Столовые
	"Архыз" ² (130-К)	Карачаево-Черкесия (п. Архыз)	
	"Сарова" ³ (2; 5)	Нижегородск. обл. (г. Сарово)	
	"Дивеевская" ⁴ (артез. скважина)	Нижегородск. обл. (п. Цыгановка)	
	"Я" ⁵ (79943)	Владимирск. обл. (г. Вязники)	
Гидрокарбонатные–Na	"Нагутская-26" ⁶ (26 Н)	КВМ, Нагутское	Лечебно-столовая газированная
Гидрокарбонатные сульфатные –Ca-Na	"Новотерская целебная" ⁷ (72)	КМВ (п. Новотерский)	Лечебно-столовая газированная
Хлоридно-сульфатные–Na	"Ветлужская" ⁸ (2)	Нижегородск. обл. (г. Ветлуга)	Лечебно-столовая
Хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные–Na	"Эссендуки № 2" ⁹ (66; 2Б)	КМВ, Бештаугорское (г. Эссендуки)	Лечебно-столовая газированная Столовая газированная.
	"Эссендуки № 20" ⁹	КМВ, Юцкий источник Пятигорского месторожд.; скв. 2Б Бештаугорского месторождения	
Сульфатно-гидрокарбонатные – Mg-Na, Ca-Mg, Mg-Na-Ca	"Эссендуки № 4" ⁹ (47; 110)	КВМ, Нагутское КВМ, Нагутское Костромская обл. (г. Кострома)	Лечебно-столовая
	"Эссендуки № 17" ⁹ (47)		Лечебная
	"Святой источник" ¹⁰ (341201043; 341201044; 341201380)		Столовая
Сульфатно-гидрокарбонатные– Mg-Na, Ca-Mg, Mg-Na-Ca	"Нарзан" ¹ (5/о; 107-Д; 7-РЭ)	КМВ (г. Кисловодск)	Лечебно-столовая газир.
	"Кисловодская целебная" ¹¹ (2 ПЭ-бис)	КМВ, Кисловодское	Лечебно-столовая газир.
	"Кисловодская курортная" ¹²	КМВ, Лермонтовский источник (г. Кисловодск)	Столовая
	"Славяновская" ¹³ (69)	КМВ, Железноводское	Лечебно-столовая газированная Лечебно-столовая
	"Горьковская-2" ¹⁴	Нижегородск. обл. (сан. им. ВЦСПС)	

Примечания: КМВ – Кавказские минеральные воды. Товарпроизводители марок природных питьевых вод, приведенных в табл. 1:

1. ОАО "Нарзан", Ставропольский край, г. Кисловодск;
2. ООО "ВИСМА-АРХЫЗ", Карачаево-Черкесия, п. Архыз;
3. ОАО «МВ&Н», Нижегородская обл., г. Саров;
4. ЗАО «Дивеевская вода», Нижегородская обл., Дивеевский р-н, п. Цыгановка;
5. ООО "Выбор-С", Владимирск. обл., г. Вязники;
6. ООО "Русский БОРЖОМЪ". Ставропольский край, г. Ессентуки;
7. ЗАО "Кавминводы", Ставропольский край, п. Новотерский;
8. ЗАО «Ветлужская минеральная вода», Нижегородская обл., г. Ветлуга;
9. ОАО "Минводпищепродукт", Ставропольский край, г. Минеральные Воды;
10. ЗАО "Серебряный источник", г. Кострома;
11. ООО "НАРСАН", Ставропольский край, п. Мирный;
12. ООО "Кавминпрод", Ставропольский край, г. Пятигорск;
13. ООО "Славяновская", Ставропольский край, г. Железноводск;
14. Нижегородск. обл., сан. им. ВЦСПС.

Доминирующий тип вод позволяет оценить особенности изменения насыщенности подземных источников основными породообразующими минералами. Условия, способствующие формированию химического состава вод, распределены согласно широтной и вертикальной гидрохимической и гидродинамической зональности [4]. Такие процессы являются вероятностно-детерминированными, ограниченными определенным числом геохимических ситуаций, а, следовательно, они прогнозируемые. В нижних водоносных горизонтах, содержащих напорные минерализованные воды, многие системы: "вода – порода" находятся в состояниях химического равновесия.

С использованием результатов ионохроматографического и проточно-инжекционного анализа (концентрации "свободных" анионов: F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} и HCO_3^{2-}), с учетом измеренных величин pH и сведений [4] о константах устойчивости соответствующих комплексов рассчитана суммарная закомплексованность [9] ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (табл. 2). Указанные ионы щелочноземельных элементов определяют карбонатный или сульфатный "режим" подземных вод. Отношение содержания лабильных HCO_3^{2-} и SO_4^{2-} -ионов отражает карбонатную буферную "емкость" вод и характеризует её устойчивость к антропогенному закислению [10].

Таблица 2

Параметры закомплексованности ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , карбонатной "емкости" ($C[HCO_3^-]/C[SO_4^{2-}]$) и содержание (mg/dm^3) фторидов и нитратов для природных питьевых вод различных месторождений

Группа природных питьевых вод	Закомплексован. (Ca^{2+} , Mg^{2+}), %	$\frac{[HCO_3^-]}{[SO_4^{2-}]}$	Фториды	Нитраты
"Дивеевская", "Архыз", "Сарова", "Я", "Ледяная жемчужина", "Святой источник"	2 – 8	14 – 350	0,2 – 0,4	0,4 – 2,0
"Ессентуки № 4", "Ессентуки № 17", "Ессентуки № 20", "Кисловодская курортная", "Нагутская – 26"	24 – 38	5 – 100	1 – 2,5	0,8 – 1,5
"Новотерская целебная", "Ветлужская", "Ессентуки № 2", "Кисловодская целебная" "Нарзан", "Славяновская", "Горьковская-2"	50 – 80	0,1 – 7	4 – 10	2,8 – 18

Из данных табл. 2 следует, что концентрации фторид- и нитрат-ионов изменяются симбатно как увеличению закомплексованности "главных" осадкообразующих катионов, так и содержанию "свободных" сульфатов. Это свидетельствует об определяющем вкладе растворимости фторидных минералов на смещение равновесий: CaF_2 (MgF_2) – комплексные фториды – лабильные F^- -ионы. Концентрация нитратов возрастает в связи с переходом системы из " $Ca(Mg)-HCO_3$ " – типа к сульфатным водам и повышению их общей минерализации.

Такое объяснение подтверждается зависимостями, приведенными на рис. 1 для гидрокарбонатных (А) и сульфатно-гидрокарбонатных (Б) подземных вод. В обоих случаях различные закономерности отражают увеличение концентрации фторид-ионов с возрастанием степени общей закомплексованности кальция (II) и магния (II): соответственно для фигуративных точек 1–6 от 2 до 25 % (А) и от 48 до 74 % для точек 11-7 (Б).

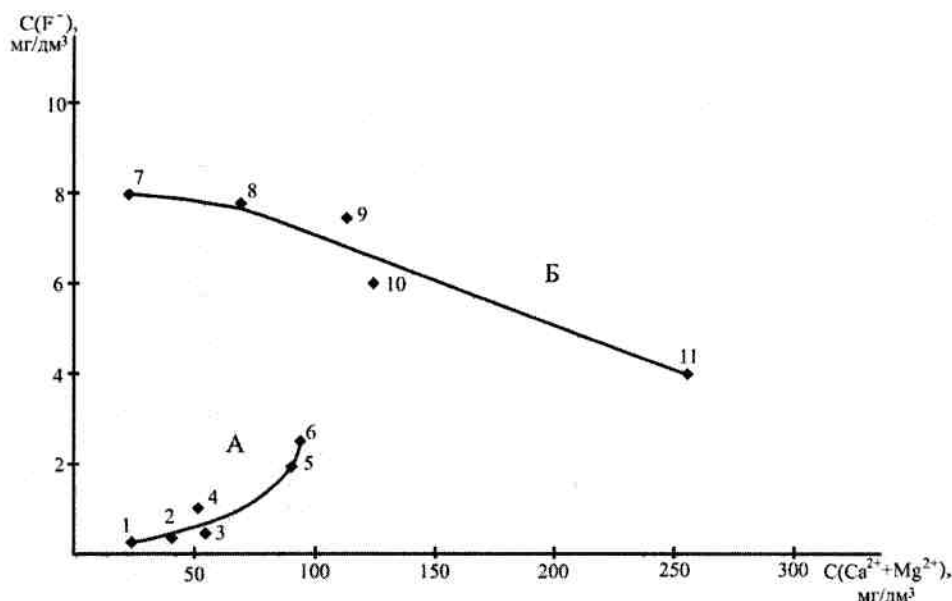


Рис. 1. Изменение концентрации фторид-ионов для гидрокарбонатных (А) и сульфатно-гидрокарбонатных (Б) вод с различным содержанием ионов кальция и магния. А: 1 – "Дивеевская", 2 – "Архыз", 3 – "Сарова", 4 – "Эссенуки № 4", 5 – "Эссенуки № 20", 6 – "Кисловодская курортная"; Б: 7 – "Ветлужская", 8 – "Эссенуки № 2", 9 – "Новотерская целебная", 10 – "Славяновская", 11 – "Нарзан"

Таким образом, выполняется известное правило соподчиненности равновесных концентраций "свободных" ионов Ca^{2+} и F^- произведению растворимости наименее растворимого природного фторсодержащего соединения – флюорита (CaF_2).

Вместе с тем, корреляция А (рис. 1) в последовательности точек 6-1 характеризует конкурирующую реакцию осаждения, главным образом, ионов Ca^{2+} и насыщение вод CaCO_3 , роль которого в формировании состава подземных источников возрастает в указанном выше направлении.

Другие процессы отражает зависимость В (рис. 1). В этом случае содержание фторидов уменьшается вследствие растворения CaCO_3 под влиянием "агрессивной" углекислоты, избыточной по сравнению с равновесной CO_2 в системе $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^-$: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$. Такое предположение подтверждается экспериментальными данными по определению равновесной CO_2 и расчетами "агрессивной" углекислоты [4]. Содержание последней в минеральных водах "Ветлужская", "Славяновская" и "Нарзан" закономерно увеличивается и составляет соответственно 250, 1050 и 2030 мг/дм³.

Сульфаты, наряду с карбонатами, чаще всего являются доминирующими компонентами природных вод. Чем выше содержание сульфатов, тем больше растворимых форм кальция (II) и магния (II), в том числе диссоциированных продуктов фторидных комплексов. На рис. 2 показано влияние концентрации сульфат-ионов на содержание фторидов для природных питьевых вод с доминантой гидрокарбонатного типа и смешанного сульфатно-гидрокарбонатного состава. Предельная концентрация фторид-ионов (9 ± 1 мг/дм³) практически совпадает с величиной 8,2 мг/дм³, рассчитанной, исходя из произведения растворимости CaF_2 ($4 \cdot 10^{-11}$). Приведенные на рис. 2 зависимости характеризуются высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,99$) и могут служить основой для прогнозирования "фтороносности" природных вод. Положение точек, отвечающих питьевым водам "Аква Минерале", "Алтын", "БонАква", свидетельствует об их искусственной минерализации.

Взаимосвязь ($r = 0,99$) содержания нитратов и сульфатов наблюдается (рис. 3) лишь для питьевых природных вод умеренной минерализации с концентрациями SO_4^{2-} -ионов больше 150 мг/дм³. В таких водах преобладают ионы Na^+ , сульфатные и нитратные соли которого достаточно хорошо растворимы. Очевидно, что нитрат-ионы в указанных водах имеют природное происхождение.

С использованием корреляционных зависимостей, представленных на рис. 2 и 3, проведено сравнение экспериментальных данных и рассчитанного содержания фторид- и нитрат-ионов в некоторых питьевых минеральных водах (табл. 3). Химический состав последних не принимался во внимание при нахождении коэффициентов соответствующих уравнений регрессии. Имеет место хорошая сходимость прогнозируемых и полученных на практике результатов, что подтверждает правильность выбранной аналитической модели и её соответствие реальным процессам осаждения и комплексобразования в различных гидрогеохимических системах.

Следует отметить, то новизна полученных нами взаимосвязей между микро- и макрокомпонентами заключается не в их установлении. Они большей частью известны [4, 10-12] и очевидны. Главное заключается в количественной оценке таких закономерностей.

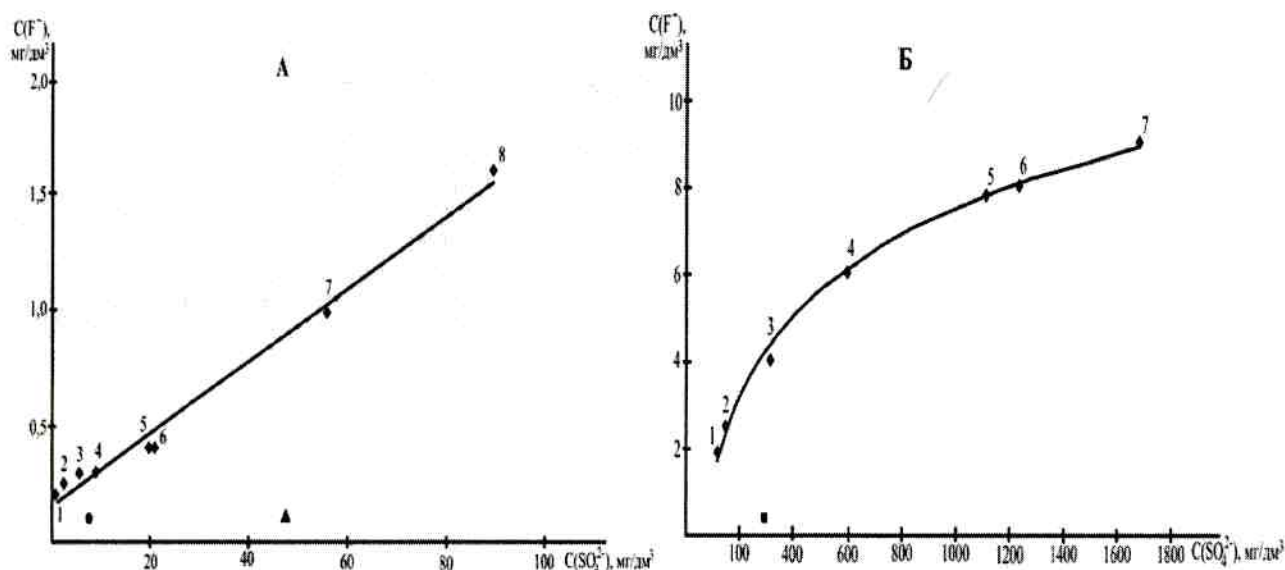


Рис. 2. Влияние концентрации сульфат-ионов на содержание фторидов для природных питьевых вод гидрокарбонатного (А) – и сульфатно-гидрокарбонатного (Б) типов. А: 1 – "Дивеевская"; 2 – "Я"; 3 – "Архыз"; 4 – "Ледяная жемчужина"; 5 – "Святой источник"; 6 – "Сарова"; 7 – "Эссенуки № 4"; 8 – "Эссенуки № 17". Искусственно - минерализованные воды: ● – "Аква Минерале"; ▲ – "Алтын". Б. 1 – "Эссенуки № 20"; 2 – "Кисловодская курортная"; 3 – "Нарзан"; 4 – "Славяновская"; 5 – "Эссенуки № 2"; 6 – "Ветлужская"; 7 – "Кисловодская целебная". Искусственно - минерализованная вода: ■ – "Бон Аква"

Таблица 3

Экспериментальные данные и рассчитанные содержания фторид- и нитрат-ионов для некоторых питьевых минеральных вод ($n = 5$; $P = 0,95$)

Минеральная вода	Содержание, мг/дм ³			
	Эксп. данные		Расчет	
	F ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻
"Нагутская – 26"	2,5±0,4	1,0±0,2	2,6±0,4	0,8±0,2
"Новотерская целебная"	7,5±0,8	10±1	7,7±0,8	10±1
"Горьковская – 2"	9,5±0,9	18±2	9,3±0,8	19±2

С целью выяснения предельных возможностей используемых методик ионохроматографического анализа во время проведения мониторинга бутилированных вод определяли анионный состав питьевых вод некоторых подземных источников Нижегородской области и воды централизованного водоснабжения г. Нижнего Новгорода (табл. 4). Из данных, приведенных в этой таблице, следует, что наблюдается приблизительно одинаковый уровень содержания фторид-ионов для обоих типов вод. Повышенная концентрация нитратов и хлоридов в поверхностных водах объясняется техногенными загрязнениями бассейна реки Ока. Увеличение содержания сульфат-ионов связано, по-видимому, с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта в процессе водоподготовки. Концентрация HCO₃⁻ в речных водах возрастает вследствие большего количества по сравнению с подземными водами биомассы растительного происхождения.

Систематизация данных мониторинга за период 2005-2007 гг. дает основание сделать заключение о том, что для всех исследованных природных столовых и питьевых минеральных вод изменения концентраций макро- (HCO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺) и микрокомпонентов (F⁻, NO₃⁻) варьируют в пределах от 5 до 25 % от среднего значения.

Указанные величины для сравнительно небольшого числа "выборки" с учетом специфики гидрогеологических ситуаций и погрешности эксперимента следует признать допустимыми. Нарушений нормативных требований по контролируемым нами показателям качества вод не отмечено. Содержание токсичных фторид- и нитрат-ионов находится ниже ПДК.

Таблица 4

Анионный состав питьевых подземных источников Нижегородской обл. (1) и воды централизованного водоснабжения г. Нижнего Новгорода (2) (средние значения концентраций; 2005 – 2007 гг.)

Анионы	Содержание, мг/дм ³	
	Подземные источники	Вода централизованного водоснабжения
HPO ₄ ²⁻	0,3 ± 0,1	< 0,04
Br ⁻	0,4 ± 0,1	< 0,2
F ⁻	1,0 ± 0,3	0,5 ± 0,2
NO ₃ ⁻	0,5 ± 0,2	1,5 ± 0,5
Cl ⁻	2,0 ± 1,0	17 ± 3
SO ₄ ²⁻	20 ± 10	80 ± 10
HCO ₃ ⁻	200 ± 20	360 ± 40

Примечание: 1 - питьевые воды подземных источников: "Дивеевская", "Сарова"; артезианские скважины: г. Бор, г. Балахна, п.г.т. Красные Баки; 2 - вода централизованного водоснабжения Советского р-на г. Нижнего Новгорода.

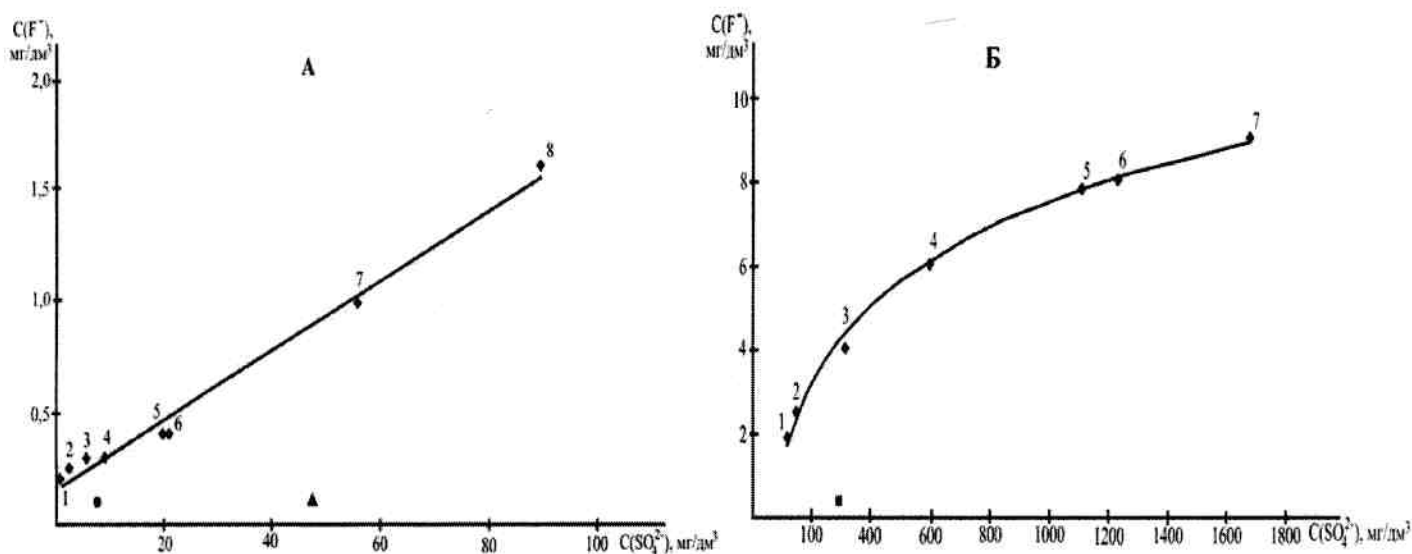


Рис. 3. Взаимосвязь содержания нитратов и сульфатов для вод с низкой и умеренной минерализацией. Корреляция отсутствует: $r = 0,60$ (точки 1 – 4 соответственно для "Сарова", "Ессентуки № 4", "Ессентуки № 17", "Ессентуки № 20"). Коэффициент линейной регрессии $r = 0,99$: 5 – "Кисловодская курортная", 6 – "Нарзан"; 7 – "Славяновская"; 8 – "Ессентуки № 2"; 9 – "Ветлужская"; 10 – "Кисловодская целебная". Искусственно - минерализованная вода: ■ – "Бон Аква"

Таким образом, селективность и чувствительность определения анионов, наряду с ионами Ca²⁺ и Mg²⁺, находятся на достаточно хорошем уровне, удовлетворяющем современным требованиям [2], а полученные результаты мониторинга природных питьевых вод объективны и доказательны.

ВЫВОДЫ

1. Выполнен мониторинг (2005 – 2007 гг.) некоторых природных питьевых вод различных месторождений (18) Европейской части России и Кавказского региона на содержание ионов: F⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺ методами ионной хроматографии, проточно-инжекционного анализа и комплексонометрии.
2. Установлена относительная стабильность исследованных вод по основным и примесным компонентам с отклонением от средних значений в пределах 5–25 %. Концентрации фторидов и нитратов меньше величин ПДК.
3. Изучена взаимосвязь между некоторыми гидрохимическими характеристиками водоносной среды и химическим составом подземных источников.
4. Показано, что фторид- и нитрат-ионы могут являться природными маркерами соответствия торговой марки бутелированных питьевых вод заявленному типу и образцу.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. М.: Изд-во стандартов, 1988. 28с.
2. Государственный контроль качества минеральной воды и напитков. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 840 с.
3. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2000. 27 с.
4. Крайнов, С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец. М.: Наука, 2004. 677 с.
5. Долгоносков, А.Н. Ионный обмен и ионная хроматография / А.Н. Долгоносков, М.М. Сенявин, И.Н. Волощик. М.: Наука, 1993. 222 с.
6. Шляпунова, Е.В. Применение анионита "ANIEKS-N" для ионохроматографического анализа минеральных вод / Е.В. Шляпунова, Г.М. Сергеев // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2008. Т. 51, № 1. С. 27 – 29.
7. Шляпунова, Е.В. Проточно-инжекционное кондуктометрическое определение карбонатной щелочности питьевых вод / Е.В. Шляпунова, А.В.Тихоненков, Г.М. Сергеев // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50, № 10. С.66 – 68.
8. Доерфель, К. Статистика в аналитической химии / К. Доерфель. М.: Мир, 1994. 268 с.
9. Инцеди, Я. Применение комплексов в аналитической химии / Я. Инцеди. М.: Мир, 1979. 376 с.
10. Моисеенко, Т.И. Закисление вод: Факторы, механизмы и экологические последствия / Т.И. Моисеенко. М.: Наука, 2003. 276 с.
11. Зекцер, И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды / И.С. Зекцер. М.: Научный мир, 2001. 328 с.
12. Гютюнова, Ф.И. Прогноз качества подземных вод в связи с их охраной от загрязнения / Ф.И. Гютюнова, И.Я. Пантелеев, Т.И. Пантелеева, А.Н. Огильви, Т.К. Федорова. М.: Наука, 1978. 208 с.
13. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никонорова. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 392 с.

NATURAL TABLE AND DRINKING MINERAL WATERS MONITORING CORRELATIONS BETWEEN CONTENTS OF MICRO- (F^- , NO_3^-) AND MACRO(HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+})-COMPONENTS

E.V. Shljapunova, G.M. Sergeev, M.S. Piskunova

Natural drinking waters' monitoring of different layers in the European part of Russia and the Caucasian region (2005-2007years) on the content of the ions F^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} was accomplished in the period from 2005 to 2007. Ion chromatography method, flow-injection analysis and complexometry were used. The content of toxic anions F^- , NO_3^- did not exceed MPC (maximum permissible concentration). Relative stability 5-25 % of average) of the examined waters' controlled parameters was established (determined). Correlations between concentration of some micro- and macro components was studied. It was shown that the content of F^- and NO_3^- ions allowed identifying some samples of natural drinking waters.

Key words: monitoring, natural table and drinking mineral waters, contents of ions: F^- , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} .